

ВОЗМОЖНОСТИ КЛИНИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ ЦИФРОВОЙ МИКРОФОКУСНОЙ РЕНТГЕНОГРАФИИ

Коваленко Ю.Н.¹, Мирошниченко С.И.², Балашов С.В.³, Миронова Ю.А.⁴, Потрахов Е.Н.⁵, Потрахов Н.Н.⁶, Грязнов А.Ю.⁶

¹ Национальная медицинская академия последипломного образования им. П.Л. Шупика, Киев, Украина.

² Национальный авиационный университет, Киев, Украина.

³ НПО "Телеоптик", Киев, Украина.

⁴ Детская поликлиника №3 Оболонского района, Киев, Украина.

⁵ ЗАО "ЭЛТЕХ-Мед", Санкт-Петербург, Россия.

⁶ Санкт-Петербургский Государственный электротехнический Университет "ЛЭТИ", Санкт-Петербург, Россия.

Одним из интенсивно развивающихся, начиная с 80-х годов прошлого века, направлений медицинской рентгенодиагностики является микрофокусная рентгенография. Дополнительным стимулом к дальнейшему развитию этого направления послужила разработка современных электронных средств визуализации рентгеновского изображения. В основе цифровой микрофокусной рентгенографии лежит применение маломощных ($P_{\text{вых}} < 100$ Вт) источников рентгеновского излучения, фокусное пятно которых составляет менее 0,1 мм, совместно с цифровыми приемниками рентгеновского изображения различных типов.

Микрофокусная рентгенография имеет ряд существенных преимуществ по сравнению с традиционной рентгенографией [1], обусловленных принципиальными особенностями формирования рентгеновского изображения биологических тканей при использовании источников излучения с фокусным пятном микронных размеров [2].

В настоящее время насчитывается не менее шести таких особенностей, наблюдаемых на микрофокусных рентгеновских изображениях в виде определенных эффектов [3]:

- эффект увеличения глубины резкости;
- эффект повышения контраста ("воздушной подушки");
- эффект снижения радиационной нагрузки;
- фазоконтрастный эффект;
- эффект снижения потребляемой мощности.

Благодаря перечисленным преимуществам в настоящее время разработана, освоена в серийном производстве и успешно применяется в клинической практике целое семейство микрофокусных рентгеновских аппаратов [4].

Целью работы является оценка потенциальных возможностей цифровых микрофокусных рентгенографических систем с использованием различных приемников на решетках фотодиодных матриц.

Материалы и методы. В работе приводятся результаты лабораторных испытаний микрофокус-

ного рентгеновского аппарата с выходной мощностью 20 Вт и фокусным пятном 0,05 мм с четырьмя разными цифровыми приемниками на решетках фотодиодных матриц (рис. 1):

- 1) приемник с рабочим полем 18x24 см и разрешающей способностью 7,0 пар линий на миллиметр (п.л./мм) (DR1);
- 2) приемник с рабочим полем 38x38 см и разрешающей способностью 4,0 п.л./мм (DR2);
- 3) приемник с рабочим полем 43x43 см и разрешающей способностью 4,6 п.л./мм (DR3);
- 4) приемник с рабочим полем 22x29 см и разрешающей способностью 4,6 п.л./мм (DR4).



Рис. 1. Микрофокусный рентгенаппарат и цифровые приемники на решетке фотодиодных матриц

В качестве объектов исследования были использованы водный фантом диаметром 10 см, маммографический и тканезэквивалентные фантомы, а также радиальная мира для измерения пространственного разрешения. Входная доза в плоскости приемника измерялась с помощью клинического дозиметра.

Результаты. Одной из задач исследования стало оценка возможности выявления малых очагов патологии. Для этой цели в качестве объекта исследования был выбран маммографический фантом, цифровые рентгеновские изображения кото-

рого получали с помощью приемника DR1. На снимках фантома, полученных с помощью современного пленочного маммографа, как правило видно 10-11 объектов (групп микрокальцинатов и дисков разной контрастности). Поэтому при работе с микрофокусным рентгеновским аппаратом были выбраны режимы съемки (напряжение и ток рентгеновской трубки, время экспозиции), позволившие наблюдать на цифровом рентгеновском изображении фантома 10 объектов. При увеличении расстояния "фокус-приемник" в 1,5 раза количество наблюдаемых объектов уменьшилось до 9, однако при этом уменьшилась вдвое входная доза. Полученные данные приведены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты исследования микрофокусного рентгеновского аппарата и цифрового приёмника DR1 с маммографическим фантомом

Режимы съемки	Количество видимых объектов
Ua = 36 кВ; Ia = 135 мкА, t = 2 с, FDD = 200 мм, De ≤ 19 мР	10
Ua = 36 кВ, Ia = 135 мкА, t = 2 с, FDD = 300 мм, De ≤ 8 мР	9

Здесь Ua — напряжение на аноде рентгеновской трубки; Ia — анодный ток рентгеновской трубки; t — время экспозиции; FDD — расстояние "фокус — приемник"; De — входная доза в плоскости приемника

Таким образом, при использовании микрофокусного рентгеновского аппарата совместно с 1-м цифровым приемником на расстояниях "фокус-приемник" 200-300 мм, можно получать цифровые рентгеновские изображения, сравнимые по информативности с высококачественной аналоговой (пленочной) маммограммой.

Одним из важных преимуществ цифровой микрофокусной рентгенографии является кажущееся увеличение разрешающей способности приемника в режиме съемки с увеличением изображения (эффект увеличения глубины резкости — рис. 2). В таблице 2 приведены полученные данные об увеличении разрешающей способности исследуемых приемников в режиме съемки с увеличением изображения, которые показывают, что детальность цифровых рентгеновских изображений может быть выше, чем пленочных рентгенограмм, которая для

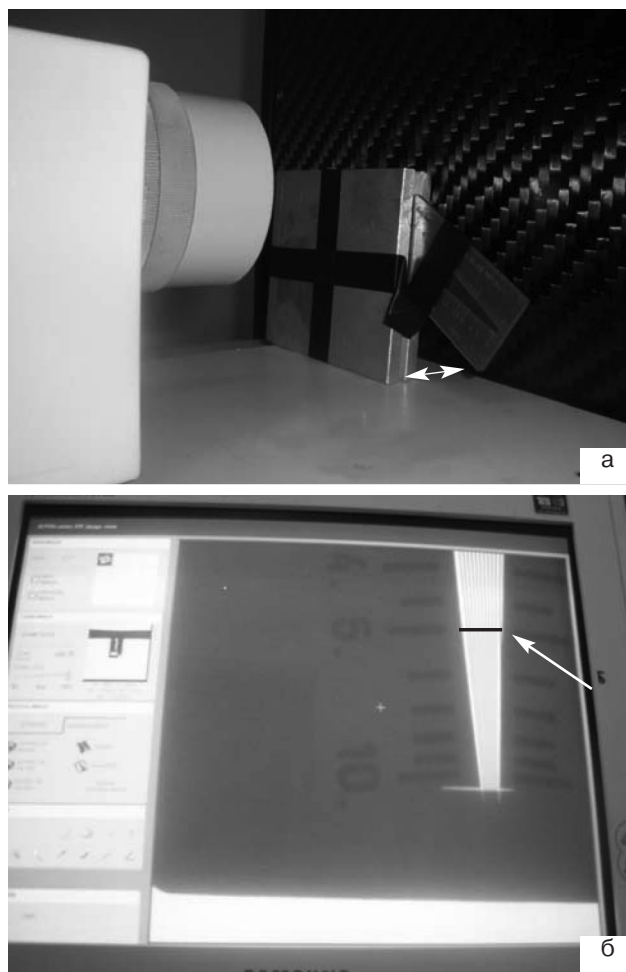


Рис. 2. Микрофокусная съемка с увеличением изображения (а), и возникающий при этом эффект увеличения разрешающей способности цифрового приемника (б)

большинства систем "экран-пленка" составляет 5,0 п.л./мм (при маммографии — 10,0 п.л./мм).

Снимки, приведенные на рисунке 3, демонстрируют повышение диагностических возможностей микрофокусной рентгенографии в режиме съемки с увеличением изображения при выявлении объектов на маммографическом фантоме.

Проведенные исследования с тканезквивалентными фантомами показали, что цифровая микрофокусная рентгенография может эффективно применяться, в частности, для обнаружения травматических повреждений фазарной зоны. На рисунке 4 приведена цифровая микрофокусная рентгенография.

Таблица 2

Пространственное разрешение цифровых приемников при микрофокусной рентгенографии

Цифровой приемник	Пространственное разрешение приемника без увеличения	Пространственное разрешение приемника в режиме увеличения
DR1	7.0 п.л. /мм	12.0 п.л. / мм
DR2	3.7 п.л. /мм	9.0 п.л. / мм
DR3	4.6 п.л. / мм	9.0 п.л. / мм

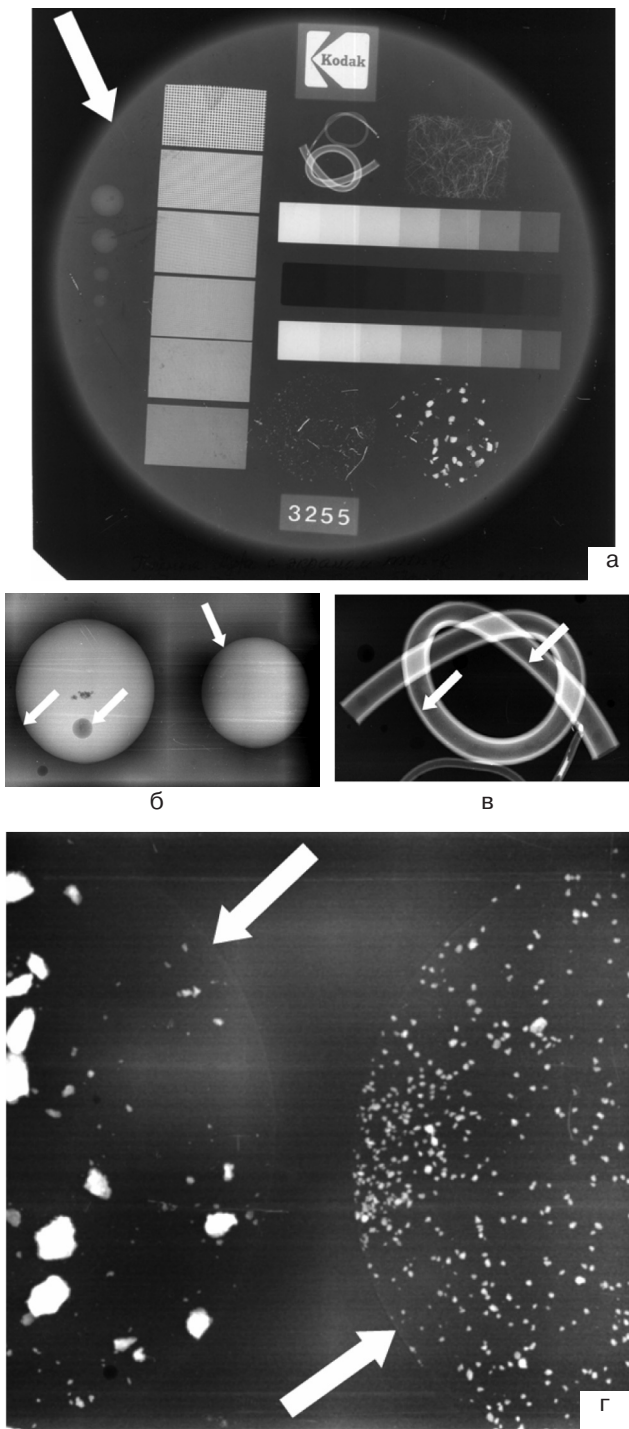


Рис. 3. Повышение диагностических возможностей микрофокусной рентгенографии в режиме съемки с увеличением изображения при выявлении объектов на маммографическом фантоме: **а** — рентгенограмма маммографического фантома без увеличения; **б, в, г** — в режиме съемки с увеличением изображения

С 2-х кратным увеличением, демонстрирующая помимо линий перелома костной ткани локтевого отростка, перелом фибрарной зоны локтевого отростка.

Следует также отметить, что в этом режиме качество рентгеновского изображения дополнительно улучшается за счет уменьшения влияния на него

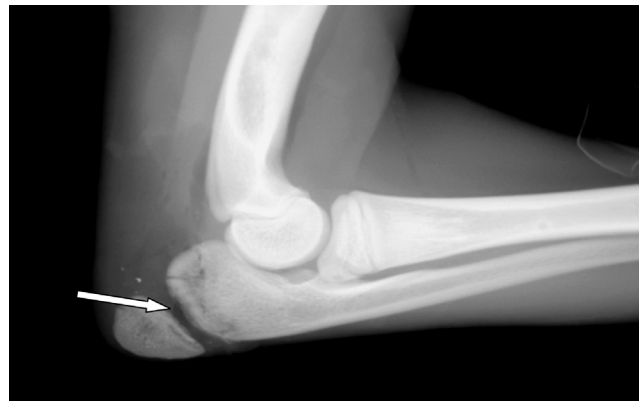


Рис. 4

рассеянного излучения (эффекта воздушной подушки).

Опыт клинического применения показал, что:

- при одинаковой резкости рентгеновских снимков рентгеновские аппараты с микрофокусными трубками позволяют получать снимки органов, содержащих мелкие структуры, с меньшими дозами;
- при равных входных дозах в плоскости приемника микрофокусные рентгеновские аппараты позволяют получать снимки, содержащие большее количество мелких деталей изображения. Например, в стоматологии микрофокусные рентгеновские аппараты позволяют получать высококачественные рентгеновские изображения при чрезвычайно низкой экспозиции одного снимка 0,01-0,05 мАс.

Благодаря цифровой технологии визуализации можно дополнительно снизить радиационную нагрузку за счет применения специальных программ оптимизации качества изображений.

Небольшие размеры и вес цифровой микрофокусной рентгенодиагностической аппаратуры, возможность получать рентгеновские изображения уже через несколько секунд после проведения исследования и возможность их передачи по телекоммуникационным сетям делают ее незаменимой при оказании неотложной помощи пациенту на дому или на месте получения травмы.

Выводы. Применение цифровой микрофокусной рентгенографии дает возможность:

- использовать один и тот же цифровой рентгеновский аппарат как в клинике, так и за ее пределами;
- в десятки раз и более снизить энергию, потребляемую рентгеновским аппаратом;
- уменьшить радиационную нагрузку на пациентов и персонал;
- уменьшить время получения изображения до единиц секунд;
- использовать режим съемки с увеличением изображения и последующую обработку изображений для улучшения их качества.

Цифровые микрофокусные рентгенодиагностические аппараты могут эффективно использоваться как в амбулаториях семейного врача, так и в крупных медицинских центрах при проведении оперативных вмешательств, при оказании неот-

ложной помощи как в пределах клиник, так и за их пределами. Они могут найти широкое применение в стоматологии, неонатологии и педиатрии, травматологии, маммологии и других разделах медицины.

ЛИТЕРАТУРА

1. Васильев А.Ю. Рентгенография с прямым многократным увеличением в клинической практике. — Москва, 1998. — 195 с.
2. Потрахов Н.Н. Микрофокусная рентгенография в стоматологии и челюстно-лицевой хирургии. — СПб.: ООО "Техномедиа", 2007. — 184 с.
3. Грязнов А.Ю., Потрахов Е.Н., Потрахов Н.Н. Цифровая микрофокусная рентгенография в клинической практике // Петербургский журнал электроники. — 2008. — №№ 2-3. — С. 163-166.
4. Портативные рентгенодиагностические комплексы семейства "ПАРДУС" / Потрахов Е.Н. // "Вестник Российской Военно-медицинской академии" №4 (28) — 2009, с. 99-101.

РЕЗЮМЕ. У роботі наведено результати лабораторних досліджень можливостей цифрової мікрофокусної рентгенографії. Показано ефект збільшення розрізняювальної

здатності цифрового приймача в режимі зйомки зі збільшенням, ефект зниження променевого навантаження на пацієнта при цифровій мікрофокусній рентгенографії, а також інші переваги останньої. Зроблено висновок, що цифрова мікрофокусна рентгенографія має добрі перспективи та може знайти широке застосування у стоматології, неонатології і педіатрії, травматології, маммології та інших розділах медицини.

Ключові слова: цифрова мікрофокусна рентгенографія, розрізняювальна здатність цифрового приймача, деталістність цифрових рентгенівських зображень, променеве навантаження на пацієнта

SUMMARY. The results of laboratory studies of digital microfocus radiography are represented in the work. They show the effect of increasing the resolution of a digital receiver using magnification mode, the effect of reducing the radiation load on patients, as well as other advantages of digital microfocus radiography. It was concluded that digital microfocus radiography has good prospects and can be widely used in stomatology, pediatrics and neonatology, traumatology, mammology and other areas of medicine

Key words: digital microfocus radiography, the resolution of a digital receiver, the detail of digital X-ray images, radiation exposure to the patient.